DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA QUÂNTICA DE LUMINESCÊNCIA DE MATERIAIS OPTICAMENTE ATIVOS – PARTE 2

Gregório Caetano Reis Filho (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Vitor Santaella Zanuto (Orientador), Brenno Greatti (Coorientador). E-mail: vszanuto@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá

Área e subárea do conhecimento: Física, Física da Matéria Condensada.

Palavras-chave: Espectroscopia; Espelho térmico; Vidros.

RESUMO

Com o objetivo de caracterizar as propriedades termo-ópticas de vidros Q98, este trabalho avalia as regiões de absorção de uma amostra dopada com íons de neodímio e sua eficiência quântica de luminescência, empregando a técnica de espelho térmico. A partir da análise dos resultados experimentais, identificaram-se bandas de absorção de neodímio no infravermelho próximo. Além disso, empregando o modelo teórico de espelho térmico nos sinais transientes obteve-se a eficiência quântica de luminescência de 92%.

INTRODUÇÃO

Materiais vítreos são amplamente utilizados no desenvolvimento de novos dispositivos fotônicos, portanto, a caracterização desta classe de materiais é de suma importância. Visando obter as propriedades termo-ópticas, aplicam-se as técnicas de caracterização baseadas em fenômenos fototérmicos, como a técnica de espelho térmico empregada neste trabalho, sendo esta uma alternativa não destrutiva, remota e de alta sensibilidade para este tipo de análise (Sato, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizada uma amostra de vidro Q98, fabricada pela empresa Kigre, dopada com íons trivalentes de neodímio (Nd^{3+}) em uma concentração de 1% em massa. A amostra utilizada foi cortada com uma espessura de 3,58mm e polida. Para a obtenção das regiões de absorção da amostra e eficiência quântica de luminescência, foram conduzidas medidas de espelho térmico variando a potência do laser de excitação (107 a 517 mW), para determinar a eficiência quântica, e variando o comprimento de onda (733 a 830 nm), para obtenção do espectro de absorção via sinal de espelho térmico.

A espectroscopia de espelho térmico se fundamenta em monitorar a variação da intensidade central do feixe de prova (He-Ne 632,8 nm) refletido pela amostra de interesse. A variação da intensidade é causada pela deformação superficial na

amostra termicamente induzida pela absorção de energia radiativa de um feixe de excitação (Ti:Safira). A partir desta variação da intensidade captada pelo detector, utilizando o modelo teórico apropriado (Sato, 2009), é possível obter a variação de sinal e relacioná-la com o parâmetro de eficiência quântica por meio das relações,

$$\theta_{ET} = \frac{P_e A_e \alpha_T (1+\nu)}{\lambda_p \kappa} \varphi \quad (1) \; ; \qquad \varphi = 1 - \eta \frac{\lambda_{ex}}{<\lambda_{em}>} \quad (2) \, ,$$

em que P_e e A_e são, respectivamente, a potência do feixe de excitação incidente na amostra e o coeficiente de absorção óptica, α_T é o coeficiente de expansão térmica, λ_p é o comprimento de onda do feixe de prova, κ é condutividade térmica, ν é a razão de Poisson e φ é a parcela de energia absorvida convertida em calor que pode ser expressa em termos da eficiência quântica de luminescência (η). Sendo η, a fração entre fótons absorvidos e emitidos pelo material, por isso, leva-se em conta o comprimento de onda de emissão médio $< \lambda_{em} >$ induzido pelo comprimento de onda de excitação λ_{ex} (Steimacher, 2008).

Desta forma, aplicando as relações listadas, é possível determinar a eficiência quântica de luminescência e, ao medir o sinal sob uma potência constante variando o comprimento de onda, obter um espectro de absorção de maneira não destrutiva e sensível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado das medidas de espelho térmico performadas variando o comprimento de onda de excitação e mantendo a potência fixa, foi possível obter um espectro de absorção via sinal de espelho térmico, explicitado pela Figura 1.

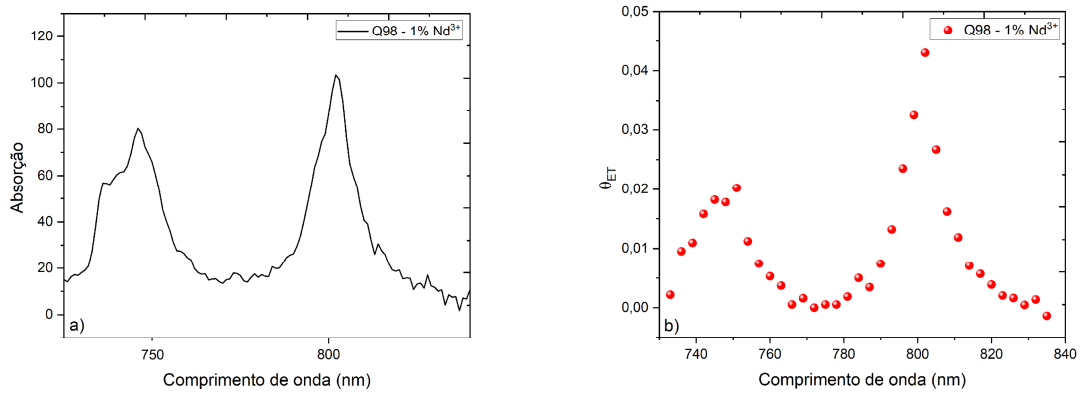


Figura 1 – a) Espectro de absorção do neodímio obtido via espectofotômetro (Shimadzu); b) Espectro de absorção do neodímio obtido via sinal de espelho térmico.

A Figura 2 apresenta o comportamento do sinal de espelho térmico para as medidas com comprimento de onda fixo (805nm), e variando a potência de

excitação. Aplicando o modelo teórico mencionado pelas Equações (1) e (2), em um regime de baixas absorções (Sato, 2009), obtém-se a amplitude de sinal de espelho térmico em função da potência (θ_{ET}/P_e), e por meio de um ajuste linear destes parâmetros ajustados torna-se possível calcular a eficiência quântica de luminescência como descrito pela Equação 2.

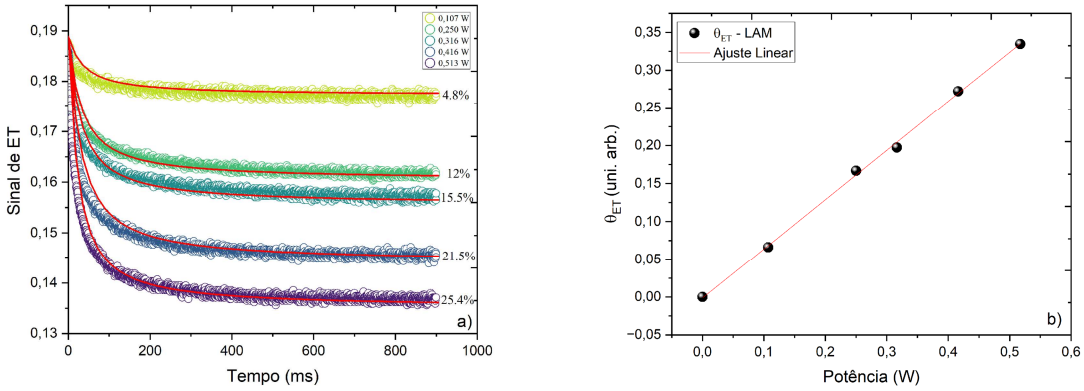


Figura 2 – a) Transientes de espelho térmico em diferentes potências; b) Ajuste linear dos sinais de espelho térmico no regime de baixas absorções.

A partir dos resultados expostos na Figura 2, explorando a relação de (θ_{ET}/P_e) em diferentes amplitudes de sinal (4,8% até 25,4%), obteve-se um $\eta = 0{,}92$ após o ajuste dos transientes (Lima et al., 2000). Avaliando a Figura 1, nota-se as proeminentes bandas de absorção do Nd^{3+} na região próxima aos 745nm e 810nm, correspondente às transições do estado fundamental $^4I_{9/2}$ para os estados excitados $^4F_{5/2}$ e $^4F_{3/2}$, como descrito na literatura (Rohling, 2004).

De maneira geral, a concordância entre os dados transientes experimentais analisados e o modelo de espelho térmico possibilitou o cálculo da eficiência quântica, enfatizando a precisão do modelo em determinar as propriedades termo-ópticas do material. Além disso, a identificação das bandas de absorção de neodímio na região do infravermelho próximo comprova a sensibilidade da matriz de Q98 aos efeitos de dopagem.

CONCLUSÕES

Em conclusão, a técnica de espelho térmico juntamente com a metodologia empregada mostrou-se eficiente e precisa para a caracterização da amostra vítrea de Q98. A versatilidade da técnica permitiu mapear com acurácia as regiões de absorção do neodímio no infravermelho próximo bem como calcular a eficiência quântica de luminescência do material com $\eta = 0{,}92$. Os resultados, em bom acordo com a literatura, comprovam a viabilidade de aplicações deste material no desenvolvimento de dispositivos fotônicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, bem como ao Centro de Ciências Exatas (CCE) e ao Departamento de Física (DFI) pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

LIMA, S. M.; SAMPAIO, J. A.; CATUNDA, T.; BENTO, A. C.; MIRANDA, L. C. M.; BAESSO, M. L. Thermal and Optical Properties of Yb3+-and Nd3+-Doped Phosphate Glasses Determined by Thermal Lens Technique. **J. Non-Cryst. Solids**, Amsterdam, v. 273, n. 1-3, p. 215-221, ago. 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0022-3093(00)00169-1. Acesso em: 24 ago. 2026.

ROHLING, Jurandir Hillmann. **Preparação e caracterização do vidro aluminosilicato de cálcio dopado com terras raras para emissão laser no infravermelho próximo e médio**. 2004. Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

SATO, F. **Desenvolvimento da técnica de espelho térmico**. 2009. Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

STEIMACHER, A. **Desenvolvimento e caracterização de vidros aluminosilicato de cálcio dopados com Nd^{3+}**. 2008. Tese (Doutorado em Física) – Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.